

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-197052

(P2000-197052A)

(43)公開日 平成12年7月14日(2000.7.14)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 4 N 7/30		H 0 4 N 7/133	Z 5 C 0 6 9
H 0 3 M 7/30		H 0 3 M 7/30	A 5 C 0 7 8
H 0 4 N 1/41		H 0 4 N 1/41	B 5 J 0 6 4
			9 A 0 0 1

審査請求 有 請求項の数7 F D (全 18 頁)

(21)出願番号 特願平10-377713

(22)出願日 平成10年12月29日(1998.12.29)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(71)出願人 598000806

貴家 仁志

東京都八王子市南大沢5-9-3-307

(72)発明者 福原 隆浩

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74)代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ウェーブレット符号化装置及び方法並びに復号装置及び方法

(57)【要約】

【課題】 ウェーブレット変換で高能率圧縮を行う際に問題とされてきたメモリ容量の大きさを削減すると共に、高い圧縮効率を実現し、画像をオーバーラップ無しのタイルで分割して、オーバーラップにより生じる問題を回避する。

【解決手段】 入力画像100を複数のタイルに分割するタイル分割部1と、各タイル画像毎にウェーブレット変換を施すウェーブレット変換部2と、ウェーブレット変換係数をスキャニングする変換係数スキャニング部3と、スキャニング後の係数を量子化する量子化部4と、量子化係数をエントロピー符号化して符号化ビットストリームを出力するエントロピー符号化部5とを有し、ウェーブレット変換部2は、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内ではタイル内部の画素を対称拡張して畳み込み演算する機能を有している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力画像を複数個のタイルに分割する手段と、

各タイル画像毎にウェーブレット変換を施す手段と、
ウェーブレット変換係数をスキャニングする手段と、
スキャニング後の係数を量子化する手段と、
量子化係数をエントロピー符号化して符号化ビットストリームを出力する手段とを有して構成され、
上記ウェーブレット変換手段は、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内ではタイル内部の画素を対称拡張して畳み込み演算する手段を有することを特徴とするウェーブレット符号化装置。

【請求項2】 上記ウェーブレット変換手段は、水平・垂直方向にローパスフィルタ及びハイパスフィルタを施し、さらにその後に2分の1のダウンサンプリングを行う手段を備えることを特徴とする請求項1記載のウェーブレット符号化装置。

【請求項3】 上記ウェーブレット変換手段は、低域成分を階層的に分割する手段を備えることを特徴とする請求項1記載のウェーブレット符号化装置。

【請求項4】 上記ウェーブレット変換手段は、全帯域成分を均等に分割する手段を備えることを特徴とする請求項1記載のウェーブレット符号化装置。

【請求項5】 上記タイル画像は、隣接するタイル画像間にオーバーラップする領域が無く、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内ではタイル内部のウェーブレット変換係数を対称拡張して畳み込み演算する手段を備えることを特徴とする請求項1記載のウェーブレット符号化装置。

【請求項6】 上記ウェーブレット変換手段を実現するためのローパスフィルタ及びハイパスフィルタは、整数精度のフィルタであり、リフティング手段を用いていることを特徴とする請求項1記載のウェーブレット符号化装置。

【請求項7】 上記タイル画像毎の符号化ビットストリームの符号長を、符号化ビットストリームのヘッダ情報に配置して出力することを特徴とする請求項1記載のウェーブレット符号化装置。

【請求項8】 入力画像を複数個のタイルに分割する工程と、

各タイル画像毎にウェーブレット変換を施す工程と、
ウェーブレット変換係数をスキャニングする工程と、
スキャニング後の係数を量子化する工程と、
量子化係数をエントロピー符号化して符号化ビットストリームを出力する工程とを有して構成され、
上記ウェーブレット変換工程は、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内ではタイル内部の画素を対称拡張して畳み込み演算することを特徴とするウェーブレット符号化方法。

【請求項9】 符号化ビットストリームを入力または読

み出してエントロピー復号する手段と、

得られた量子化係数を逆量子化する手段と、

得られた変換係数を逆スキャニングして元の係数の順番に戻す手段と、

逆スキャニング後の係数をウェーブレット逆変換する手段としてタイル画像を生成する手段と、

得られた各タイル画像を合成して最終的な出力画像を供する手段とを有することを特徴とするウェーブレット復号装置。

【請求項10】 上記ウェーブレット逆変換手段は、タイル内部のウェーブレット変換係数を、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内まで、対称拡張して畳み込み演算する手段を有していることを特徴とする請求項9記載のウェーブレット復号装置。

【請求項11】 上記ウェーブレット逆変換手段は、該タイルの外側でフィルタリングが及ぶ範囲内のウェーブレット変換係数をすべて0として、畳み込み演算する手段を有していることを特徴とする請求項9記載のウェーブレット復号装置。

【請求項12】 上記ウェーブレット逆変換手段は、前段に2倍のアップサンプリングを行う手段を備え、さらにその後段には、水平・垂直方向にローパスフィルタ及びハイパスフィルタを施す手段を備えていることを特徴とする請求項9記載のウェーブレット復号装置。

【請求項13】 上記ウェーブレット逆変換手段は、低域成分を階層的に合成する手段を備えていることを特徴とする請求項9記載のウェーブレット復号装置。

【請求項14】 上記ウェーブレット逆変換手段は、全帯域成分を均等に合成する手段を備えていることを特徴とする請求項9記載のウェーブレット復号装置。

【請求項15】 上記タイル画像は、隣接するタイル画像間にオーバーラップする領域が無いことを特徴とする請求項9記載のウェーブレット復号装置。

【請求項16】 上記ウェーブレット逆変換手段を実現するためのローパスフィルタ及びハイパスフィルタは、整数精度のフィルタであり、リフティング手段を用いていることを特徴とする請求項9記載のウェーブレット復号装置。

【請求項17】 上記符号化ビットストリームは、画像全体に対する符号化ビットストリームから、復号を目的とする所定のタイルに相当する符号化ビットストリームを直接読み出したものであることを特徴とする請求項9記載のウェーブレット復号装置。

【請求項18】 上記ウェーブレット逆変換手段は、圧縮率が閾値よりも低い場合には、対称拡張型の畳み込み演算手段を用い、逆に高い場合には、外部係数0値挿入による畳み込み手段を用いることを特徴とする適応手段を有していることを特徴とする請求項9記載のウェーブレット復号装置。

【請求項19】 ウェーブレット逆変換手段は、ロスレ

ス復号の際に対称拡張型の畳み込み演算手段を採用することを特徴とする請求項9記載のウェーブレット復号装置。

【請求項20】 上記ウェーブレット逆変換手段は、ある所定の分割レベルまでのフィルタリング手段としては、対称拡張を行う畳み込み演算手段を用い、それ以降の分割レベルのフィルタリング手段としては、上記タイルの外側に0係数挿入による畳み込み演算する手段を用いることを特徴とする請求項9記載のウェーブレット復号装置。

【請求項21】 上記ウェーブレット逆変換手段は、ある所定の分割レベルまでのフィルタリング手段としては、上記タイルの外側に0係数挿入による畳み込み演算する手段を用い、それ以降の分割レベルのフィルタリング手段としては、対称拡張を行う畳み込み演算手段を用いることを特徴とする請求項9記載のウェーブレット復号装置。

【請求項22】 符号化ビットストリームを入力または読み出してエントロピー復号する工程と、得られた量子化係数を逆量子化する工程と、得られた変換係数を逆スキャニングして元の係数の順番に戻す工程と、逆スキャニング後の係数をウェーブレット逆変換する手段としてタイル画像を生成する工程と、得られた各タイル画像を合成して最終的な出力画像を提供する工程とを有することを特徴とするウェーブレット復号方法。

【請求項23】 入力画像をタイルに分割してタイル毎にウェーブレット変換することによりウェーブレット符号化し、符号化ビットストリームをウェーブレット復号するウェーブレット符号化／復号装置であって、上記ウェーブレット変換手段は、上記タイルの隣接するタイル画像間にオーバーラップする領域が無く、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内ではタイル内部のウェーブレット変換係数を対称拡張して畳み込み演算する手段を有し、上記ウェーブレット変換に対応するウェーブレット逆変換手段は、上記タイル内部のウェーブレット変換係数を対称拡張して畳み込み演算する手段、または該タイルの外側でフィルタリングが及ぶ範囲内のウェーブレット変換係数をすべて0として畳み込み演算する手段を有していることを特徴とするウェーブレット符号化／復号装置。

【請求項24】 上記ウェーブレット変換手段として、整数精度のフィルタとリフティング手段を備え、量子化手段を省略することでロスレス圧縮を行い、上記のウェーブレット復号側では、ロスレス圧縮された符号化ビットストリームを入力して、ロスレス復号の場合には対称拡張の畳み込み演算によりウェーブレット逆変換手段を用い、ロッキー復号の場合は、対称拡張の畳

み込み演算、又はタイル外部の変換係数に0値を挿入した畳み込み演算によるウェーブレット逆変換手段を用いることを特徴とする請求項23記載のウェーブレット符号化／復号装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像の効率的伝送もしくは蓄積を行うシステムに供することのできる画像のウェーブレット符号化装置及び方法並びに復号装置及び方法に関するものであり、特に、圧縮・伸長の部分にタイルベース型のウェーブレット変換を用いるウェーブレット符号化装置及び方法並びに復号装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の代表的な画像圧縮方式としては、ISO（国際標準化機構：International Organization for Standardization）によって標準化されたJPEG（Joint Photographic Coding Experts Group）方式がある。このJPEG方式とは、DCT（離散コサイン変換：Discrete Cosine Transform）を用いて主に静止画を圧縮符号化する方式であり、比較的高いビットが割り当てられる場合には、良好な符号化・復号画像を提供することが知られている。ただしこの方式においては、ある程度符号化ビット数を少なくすると、DCT特有のブロック歪みが顕著になり、主観的に劣化が目立つようになる。

【0003】これとは別に、最近においては、画像をフィルタバンクと呼ばれるハイパス・フィルタとローパス・フィルタを組み合わせたフィルタによって複数の帯域に分割し、それらの帯域毎に符号化を行う方式の研究が盛んになっている。その中でも、ウェーブレット符号化は、DCTで問題とされた高圧縮でブロック歪みが顕著になる、という欠点が無いことから、DCTに代わる新たな技術として有力視されている。

【0004】現在、電子スチルカメラやビデオムービー等の製品では、圧縮符号化にJPEG方式やMPEG（Moving Picture image coding Experts Group）方式、あるいはいわゆるDV（Digital Video）方式を採用するものが多く、これらの圧縮符号化方式はいずれも変換方式にDCTを用いている。今後ウェーブレット変換をベースにした上記製品が市場に出現するものと推測されるが、符号化方式の効率向上のための検討は、各研究機関で盛んに行われている。事実、JPEGの後継とも言える次世代の静止画国際標準方式として期待されているJPEGS2000（JPEGと同じ組織であるISO/IEC/JTC1 SC29/WG1によって作業中）においては、画像圧縮の基本である変換方式として、既存のJPEGのDCTに代わり、ウェーブレット変換を採用することが有力視されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述したようなウェーブレット符号化においては、通常画像全体にウェーブレット変換を掛け、発生したウェーブレット変換係数を一時的にメモリ内に記憶・保持する必要がある。従って、画像サイズが大きいと非常に多くのメモリ容量を必要とし、電子スチルカメラ、ビデオカメラレコーダ、いわゆるPDA (Personal Digital Assistant) 等の、メモリ搭載容量が限定された装置には不適である。

【0006】これを解決するために、最近の実験等においては、タイルベース型のウェーブレット符号化が検討されている。このタイルベース型のウェーブレット符号化とは、入力画像を複数のタイルに分割し、各タイル画像毎にウェーブレット変換を施すものである。

【0007】ところで、このタイルベース型のウェーブレット符号化において、隣接タイル同士の境界部分をオーバーラップさせてウェーブレット符号化を施すことが行われているが、このようにオーバーラップさせた場合には、ウェーブレット分割数に制約が生じたり、復号の際に隣接したタイル部分も合わせて復号する必要があったり、整数型のウェーブレット・フィルタを用いた場合に圧縮率を高めるとオーバーラップ領域での誤差が増大する等の問題点がある。

【0008】本発明は、上述の問題点に鑑みてなされたものであって、ウェーブレット変換で高効率圧縮を行う際に問題とされてきたメモリ容量の大きさを削減することができると共に、タイルベース型のウェーブレット符号化を行う際に、画像をオーバーラップ無しのタイルで分割して、上記オーバーラップにより生じる問題点を回避し得るようなウェーブレット符号化装置及び方法並びに復号装置及び方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決するために、本発明に係るウェーブレット符号化装置及び方法は、入力画像を複数のタイルに分割し、各タイル画像毎にウェーブレット変換を施し、ウェーブレット変換係数をスキャニングし、スキャニング後の係数を量子化し、量子化係数をエントロピー符号化して符号化ビットストリームを出力するようにし、上記ウェーブレット変換は、タイル画像の外周部の画素を対称拡張して畳み込み演算することの特徴としている。

【0010】また、本発明に係るウェーブレット復号装置及び方法は、符号化ビットストリームを入力または読み出してエントロピー復号し、得られた量子化係数を逆量子化し、得られた変換係数を逆スキャニングして元の係数の順番に戻し、逆スキャニング後の係数をウェーブレット逆変換してタイル画像を生成し、得られた各タイル画像を合成して最終的な出力画像を供するようにし、上記ウェーブレット逆変換においては、タイル内部のウェーブレット変換係数を対称拡張して畳み込み演算し、

該タイルの外側でフィルタリングが及ぶ範囲内のウェーブレット変換係数をすべて0として畳み込み演算すること特徴としている。

【0011】ここで、タイル分割手段は、入力画像を複数のタイル画像に分割し、ウェーブレット変換手段は、各タイル画像毎に水平・垂直方向のウェーブレットフィルタによるフィルタリングの処理を施して、ウェーブレット変換係数を出力し、量子化手段は、得られたウェーブレット変換係数を量子化して量子化係数を出力し、エントロピー符号化手段は、量子化係数を例えば可変長符号化手段や算術符号化手段を用いて、情報源圧縮して符号化ビットストリームを出力する。また、上記ウェーブレット変換手段は、ウェーブレット・フィルタがタイル外部にはみ出る画素領域に対しては、タイル内部の画素を対称拡張して補充し、フィルタによる畳み込み演算を施す。

【0012】また、画像のウェーブレット復号の際には、エントロピー復号手段は符号化ビットストリームを入力して、例えば可変長復号手段や算術復号手段を用いて情報源伸長を行い、量子化係数に戻し、逆量子化手段は量子化と逆の操作を行い、量子化係数を変換係数に戻し、ウェーブレット逆変換手段は、ウェーブレット変換係数に対して、水平・垂直方向にフィルタリングを行い、タイル画像に変換する。また、ウェーブレット逆変換手段は、タイル外でフィルタがはみ出る領域までウェーブレット変換係数を対称拡張して補充し、畳み込み演算するか、あるいは、ウェーブレット逆変換手段は、上記フィルタがはみ出る領域の変換係数として0値を挿入し、畳み込み演算する。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る画像のウェーブレット符号化装置及び方法並びに復号装置及び方法の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0014】本発明の第1の実施の形態となる画像のタイルベース型ウェーブレット符号化装置を図1に示す。この図1に示す画像のタイルベース型ウェーブレット符号化装置は、入力画像100を複数のタイルに分割するタイル分割部1と、各タイル画像毎にウェーブレット変換を施すウェーブレット変換部2と、ウェーブレット変換係数をスキャニングする変換係数スキャニング部3と、スキャニング後の係数を量子化する量子化部4と、量子化係数をエントロピー符号化して符号化ビットストリームを出力するエントロピー符号化部5とを有して構成されている。ウェーブレット変換部2は、後述するように、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内ではタイル内部の画素を対称拡張して畳み込み演算する手段を有している。

【0015】この図1に示すタイルベース型ウェーブレット符号化装置において、入力画像100は、まずタイル分割部1に入力され、このタイル分割部1で複数の

タイル画像101に分割される。タイル画像101は、ウェーブレット変換部2でウェーブレット変換が施され、その結果生成されたウェーブレット変換係数102が、変換係数スキャニング部3に入力される。変換係数スキャニング部3では、ウェーブレット変換係数の走査（スキャニング）が行われる。例えば、ここでは左から右（水平方向）、上から下（垂直方向）にウェーブレット変換係数をスキャニングするものとする。

【0016】スキャニング後の変換係数103は、量子化部4において量子化されて量子化係数104が出力される。ここで量子化手段としては、例えば下記の式1に示すように、通常用いるスカラ量子化を用いればよい。

【0017】 $Q = x/\Delta \quad \dots (式1)$

この式1において、 x はウェーブレット変換係数値、 Δ は量子化インデックス値である。

【0018】上記スカラ量子化等によって得られた量子化部4からの量子化係数104は、エントロピー符号化部5において、エントロピー符号化されて、符号化ビットストリーム105が出力される。なお、エントロピー符号化部5で用いられる手段としては、可変長符号化手段の他、算術符号化手段があるが、これらのエントロピー符号化手段については、各研究機関より研究成果が報告されており、それらを用いれば良い。

【0019】以上が、この第1の実施の形態のウェーブレット符号化装置の基本構成及び動作である。なお、画像が十分小さい場合や多くのメモリを搭載している場合には、画像をタイル分割せずに、通常の処理により入力画像100を直接ウェーブレット変換部2にて変換処理を施せば良い。

【0020】ここで、本発明の上記第1の実施の形態におけるウェーブレット変換部2は、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内ではタイル内部の画素を対称拡張して畳み込み演算を行うものを用いているが、その詳細な説明に先立って、通常のウェーブレット変換部の構成及び動作について説明する。

【0021】まず通常のウェーブレット変換部の構成として、図2が挙げられる。これは、幾つかある手法の中で最も一般的なウェーブレット変換であるオクターブ分割を複数レベルに亘って行う構成例を示している。なお、この図2の場合は、レベル数が3（レベル1～レベル3）であり、画像信号を低域と高域に分割し、且つ低域成分のみを階層的に分割する構成を取っている。また図2では、便宜上1次元の信号（例えば画像の水平成分）についてのウェーブレット変換を例示しているが、これを2次元に拡張することで2次元画像信号に対応することができる。

【0022】次に動作について説明する。図2に示すウェーブレット変換部への入力画像信号110は、まずローパスフィルタ11（伝達関数 $H_0(z)$ ）とハイパスフィルタ12（伝達関数 $H_1(z)$ ）とによって帯域分割さ

れ、得られた低域成分と高域成分は、それぞれ対応するダウンサンプラ13a、13bによって、解像度がそれぞれ2分の1倍に間引かれる（レベル1）。この時の出力がL成分111とH成分116の2つである。ここで、上記LはLowで低域、HはHighで高域を示す。この図2のローパスフィルタ11、ハイパスフィルタ12、及び2個のダウンサンプラ13a、13bによってレベル1の回路部201が構成されている。

【0023】上記ダウンサンプラ13a、13bによりそれぞれ間引かれた信号の内の低域成分、すなわちダウンサンプラ13aからの信号のみが、さらに、レベル2の回路部202のローパスフィルタ及びハイパスフィルタによって帯域分割され、それぞれ対応するダウンサンプラによって、解像度をそれぞれ2分の1倍に間引かれる（レベル2）。これらのレベル2のローパスフィルタ、ハイパスフィルタ及びダウンサンプラから成る回路部202としては、上記レベル1のローパスフィルタ11、ハイパスフィルタ12及びダウンサンプラ13a、13bから成る回路部201と同様な構成が用いられる。

【0024】このような処理を所定のレベルまで行うことで、低域成分を階層的に帯域分割した帯域成分が順次生成されていくことになる。レベル2で生成された帯域成分は、LL成分112とLH成分115である。図2はレベル3まで帯域分割する例が示されており、レベル2の回路部202のローパスフィルタ側のダウンサンプラからの出力が、上記回路部201と同様な構成のレベル3の回路部203に供給されている。このようにレベル3まで帯域分割した結果、LLL成分113、LLH成分114、LH成分115、H成分116が生成されている。

【0025】次に、図3は、レベル2まで2次元画像を帯域分割した結果得られる帯域成分を図示したものである。この図3でのL及びHの表記法は、1次元信号を扱った図2でのL及びHの表記法とは異なる。すなわち図3では、先ずレベル1の帯域分割（水平・垂直方向）により4つの成分LL、LH、HL、HHに分かれる。ここでLLは水平・垂直成分が共にLであること。LHは水平成分がHで垂直成分がLであることを意味している。次に、LL成分は再度帯域分割されて、さらにLLLL、LLHL、LLLH、LLHHが生成される。図4は、図3の帯域分割を実際の画像に応用した場合の画像例を示しており、この図4より、画像は低域の成分にその大部分の情報が含まれていることがわかる。

【0026】このように、低域成分を階層的に分割する以外に、全帯域を均等に分割することも行われる。すなわち、図5は、全帯域成分を均等に分割する場合の画像例を示しており、上記図3のLH、HL、HHの各成分についても、それぞれ水平・垂直方向に再度帯域分割されて、LH成分からは、LHLL、LHLH、LHLH、LHHH成分が、HL成分からは、HLHL、HLHL、HLHL、HLHH成分が、またHH成分か

らは、HHLL、HHHL、HLLH、HHHH成分が、それぞれ生成される。

【0027】次に、図6を参照しながら、現在実験されているオーバーラップ型タイルベース・ウェーブレット符号化の説明を行う。

【0028】図6の(A)に示す原画像は、(B)に示す複数のタイル画像に分割される。ここまでは既に述べた例と違いが無いが、このオーバーラップ型タイルベース・ウェーブレット符号化方式では、図6の(B)の破線に示すように、隣接するタイル画像とオーバーラップする領域の画素を含めた部分まで、フィルタリングが行われる。すなわち、1つのタイルについては、図6の(C)破線で囲まれた領域に対してフィルタリングが行われ、ウェーブレット変換により符号化ビットストリームが生成される。従って、ある特定のタイルだけを復号したい場合でも、オーバーラップしている隣接タイルのウェーブレット逆変換を行い、オーバーラップ領域の画素同士の加算を行う必要があることから、完全に独立した復号が出来ない、という問題点がある。

【0029】次に図7は、オーバーラップ型のタイルベース・ウェーブレット変換を行う際の、符号化対象のタイル R_T とフィルタリングの及ぶ範囲 R_F とを示している。この図7中のa,b,c,d,e,f,h,i,j,k,l,mはすべて画素を表す。例えば画素cを水平方向にフィルタリングする時に、d,e,fの3画素を右隣りのタイル画像から読み出して、これらに所定のフィルタ係数を畳み込み演算を施す。同様に例えば、画素jを垂直方向にフィルタリングする時に、k,l,mの3画素を下のタイル画像から読み出して、これらに所定のフィルタ係数を畳み込み演算を施す。

【0030】次に、図8は、上記オーバーラップ型タイルベース・ウェーブレット変換を行う際の、オーバーラップ領域を図示したものである。図8中で、水平・垂直方向の各領域 C_{Head} 、 C_{Tail} は、符号化対象のタイル外部のオーバーラップ領域を示している。この領域上の画素に対するフィルタリングについては、既に図7を用いて述べた通りである。この現在実験されているオーバーラップ型のタイルベース・ウェーブレット変換で問題になるのは、このオーバーラップ領域が必要なため、フィルタのタップ長によってウェーブレット分割の分割数に制限が発生してしまうことである。

【0031】例えば、ウェーブレットフィルタとしてよく使われる、水平9タップ、垂直7タップのフィルタを用い、タイルサイズを 64×64 に設定した場合、ウェーブレット分割は4までしか許されない。同様に、ウェーブレットフィルタとして、水平13タップ、垂直7タップのフィルタを用いた場合、ウェーブレット分割は3までしか許されない。これは、明らかにそれ以上分割すると、フィルタリングの及ぶオーバーラップ領域がタイルサイズよりも大きくなってしまふからである。すなわ

ち、水平13タップのフィルタの場合、中心の1画素に対して水平方向の両隣に6画素ずつがフィルタリングの及ぶ画素領域となることから、 64×64 のタイルは3回分割すると 8×8 になり、符号化対象タイルの全画素を隣接タイルの範囲内でフィルタリングできるのに対して、さらに1回分割すると 4×4 のタイルとなり、符号化対象タイルの境界位置の1画素を中心として隣接するタイル側に6画素をとろうとすると、隣接タイル(4×4 画素)の範囲を越えてしまい、フィルタがはみ出てしまうからである。

【0032】以上述べたように、現在実験中のオーバーラップ型タイルベース・ウェーブレット変換では、下記のような多くの問題点が存在している。すなわち、

(1) 隣接タイル同士の境界部分をオーバーラップさせるので、ウェーブレット・フィルタのフィルタ長によって、ウェーブレット分割数に制約が生じる点、(2) 復号器側では、ある特定のタイル部分を復号する場合でも隣接したタイル部分も合わせて復号する必要がある点これは符号化効率にも大きく影響を与える問題であり、解決すべき課題と言える。また、後述するように、整数型のウェーブレット・フィルタを用いた場合には、(3) 符号化器側と復号器側との整合が取れないので、圧縮率が高まるとオーバーラップ領域での誤差が増大し、歪みとなって検知される、という問題点もある。

【0033】このような点を考慮して、本発明の実施の形態では、図1のウェーブレット変換部2において、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内ではタイル内部の画素を対称拡張して畳み込み演算するようにして、上記問題点の(1)、(2)を解決している。

【0034】次に、本発明の第2の実施の形態となるウェーブレット符号化装置について説明する。この第2の実施の形態の全体構成は、上記図1に示すウェーブレット符号化装置と同様であるが、図1のウェーブレット変換部2をより具体化したものであり、このウェーブレット変換部2での動作を、図9及び図10を参照しながら説明する。この第2の実施の形態では、隣接するタイル画像間にオーバーラップする領域を設けず、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内ではタイル内部のウェーブレット変換係数を対称拡張して畳み込み演算するようにしている。

【0035】図9は、対称畳み込みによるウェーブレット符号化の概念を説明するための図である。この図9の(A)に示す原画像は、(B)に示すようにタイル画像に分割された後、各タイル画像毎に(C)の破線に示すフィルタ処理が及ぶ範囲まで、タイル外の領域に画素の対称拡張を行う。

【0036】図10はこの対象拡張を具体的に図示したものであり、符号化又は復号対象のタイルの領域 R_T 内の水平方向のc, b, aの画素列が、タイル境界を境にして、対称的にa, b, cの並び順に、フィルタリングの及

ぶ範囲 R_F まで拡張されていることがわかる。同様に、垂直方向では、タイル領域 R_T 内の f , e , d の画素列が、タイル境界を境にして、対称的に d , e , f の並びにフィルタリングの及ぶ範囲 R_F まで拡張される。このような鏡像関係の対称拡張を行えば、タイル画像内部の画素数と同数だけしかウェーブレット変換係数が生成されないことが知られている。すなわち、冗長度が無い利点がある。

【0037】続いて、図9の(C)の対称拡張された各タイルに対して、WT(ウェーブレット変換)を掛ける。その結果、既に図3で説明したように、例えば4つの帯域成分に分割される(図9の(D)参照)。図9の(D)中の斜線部は、上述した低域のLL成分である。さらに、この斜線部の低域成分(LL)のタイルは、図9の(E)に示すように、同様に対称拡張を行い、ウェーブレット変換(WT)が施される。以後同様の操作が、所定のウェーブレット分割数まで繰り返される。以上が、この第2の実施の形態のウェーブレット変換部での、タイル毎の対称拡張のウェーブレット変換の動作説明である。

【0038】次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。この第3の実施の形態は、上述したウェーブレット変換を実現するためのローパスフィルタ及びハイパスフィルタとして、リフティング手段を用いた整数精度のフィルタを用いるような画像のウェーブレット符号化の実施の形態である。これは、ウェーブレット変換手段として、整数精度のフィルタとリフティング手段を備え、量子化手段を省略することでロスレス圧縮を行うこともできる。

【0039】このように、リフティング手段を用いた整数精度型のウェーブレット変換(以下IWTという。)を用いた本発明の第3の実施の形態について、図11を用いて説明する。なお、上記リフティングという名称は、図11中にもある通り、低域(Low)側と高域(High)側の双方から相手側に対してフィルタリングされた係数を加算もしくは減算する操作から由来している。

【0040】この図11に示す回路は、上記図1の1レベル分の回路部201、202あるいは203として用いられるものである。この図11において、入力信号120の各画素は、偶数番目の画素 X_{even} と奇数番目の画素 X_{odd} とに分けられる。偶数番目の画素 X_{even} は、遅延器18で時間遅延され、さらに $1/2$ のダウンサンプラ19aで解像度を2分の1に落とされて出力121が生成され、加算器20に送られる。一方、奇数番目の画素 X_{odd} は、 $1/2$ のダウンサンプラ19bで解像度を2分の1に落とされ、減算器21に送られる。上記出力121は係数列 p のフィルタ22によりフィルタ処理され、このフィルタ出力と、上記奇数番目の画素 X_{odd} のダウンサンプラ19bを介して得られた出力との差分が、差分器21で算出される。この減算器21からの出

力123は、高域側、すなわちHP(High Pass)側の出力として送出される。他方、出力123に対して、係数列 u のフィルタ23によりフィルタ処理された出力と上記出力121とが加算器122で加算され、加算出力122は、低域側、すなわちLP(Low Pass)側の出力122として送出される。

【0041】ここで、上記の p , u のフィルタ係数について以下述べる。例えば、ローパスフィルタ(Low Pass)が9タップ、ハイパスフィルタ(High Pass)が7タップのフィルタをそれぞれ実現する場合、IWT(整数精度型ウェーブレット変換)では、

$$p = (-1, 9, 9, -1) / 16$$

$$u = (1, 1) / 4$$

という具合に、係数列 p のフィルタ22は4タップ、係数列 u のフィルタ23は2タップで済み、しかも、どちらも割り算はビットシフトで演算が出来る(除数がそれぞれ2のべき乗、すなわち $16 = 2^4$ 、 $4 = 2^2$ なので)という優れた特徴を持っている。この時、Low Pass, High Passのそれぞれのフィルタ係数は、

$$\text{Low} = (1, 0, -8, 16, 46, 16, -8, 0, 1) / 64$$

$$\text{High} = (1, 0, -9, 16, -9, 0, 1) / 16$$

に相当することになる。

【0042】しかし、フィルタ係数が整数であるがために、実際の画素とのフィルタリングでは演算精度を上げるために四捨五入を用いている。例えば、画素配列 (a, b, c, d) を上記 p のフィルタでフィルタリングすると、

$$\text{round}(a*(-1) + b*9 + c*9 + d*(-1))$$

ただし、 $\text{round}(x)$ は、 x を四捨五入することを表すという操作を行うことになる。従って、ここで round の誤差が発生する可能性がある。この round の誤差については、後述する第11の実施の形態で説明するようなウェーブレット復号を用いることにより解決できる。

【0043】次に、本発明の第4の実施の形態について説明する。この第4の実施の形態は、画像のウェーブレット符号化の際に、出力された符号化ビットストリームの符号長をヘッダ情報に配置して記憶・保持するものである。なおこれは、復号側に送られてきた符号化ビットストリームの画像中の特定のタイルを部分復号するための符号化側の条件として必要である。

【0044】以下、この第4の実施の形態について、図12を用いて説明する。図12は符号化ビットストリームの具体的な構成例を示しており、先頭から順に、原画像の水平サイズ情報61、原画像の垂直サイズ情報62、水平方向のタイル数情報63、垂直方向のタイル数情報64、及びタイルヘッダ65の構成からなる。さらに、該タイルヘッダ65は、各タイル毎の符号長(例えば圧縮バイト長)を記憶・保持する。図12の例では、タイル#1の圧縮バイト長情報71、タイル#2の圧縮バイト長情報72、・・・、タイル#Nの圧縮バイト長

情報73が配されている。これによって、あるタイルだけを復号器側で復号したい場合には、全体の符号化ビットストリームのどの位置から符号語を読み出せば良いかが即座にわかるので、最初から読み出し、復号する必要が無く、効率的であり且つメモリも節約できる利点がある。

【0045】次に、本発明の第5の実施の形態について説明する。この第5の実施の形態は、画像のウェーブレット符号化において、低域成分を階層的に分割する、あるいは全帯域成分を均等に分割する場合の分割数を、外部からの入力手段により決定するようにしたものである。

【0046】上述した図1に示すウェーブレット符号化装置を例に取れば、ウェーブレット変換部2に対して、外部からの分割数を指定する信号が入力して所定回数のウェーブレット分割が行われることになる。この利点としては、入力画像の特徴によっては、ウェーブレット分割数によって大きく圧縮効率が変化する可能性があるからであり、その場合予め何らかの外部入力によって、最適なウェーブレット分割数が決定されれば、常に効率的な符号化が実現できるからである。

【0047】次に、本発明の第6の実施の形態について説明する。本実施の形態は、上述したような画像のウェーブレット符号化が施されて得られた符号化ビットストリームが供給される画像のウェーブレット復号装置及び方法の一実施形態である。

【0048】図13は、この第6の実施の形態となる画像のウェーブレット復号装置の概略構成を示すブロック図であり、上記図1に示したウェーブレット符号化装置に対応したものである。

【0049】この図13において、画像のウェーブレット復号装置は、符号化ビットストリームを入力または読み出してエントロピー復号するエントロピー復号部6と、得られた量子化係数を逆量子化する逆量子化部7と、得られた変換係数を逆スキャニングして元の係数の順番に戻す変換係数逆スキャニング部8と、逆スキャニング後の係数をウェーブレット逆変換する手段としてタイル画像を生成するウェーブレット逆変換部9と、得られた各タイル画像を合成して最終的な出力画像を供するタイル合成部10とを有して構成される。

【0050】次に動作について説明する。符号化ビットストリーム105を入力したエントロピー復号部6では、所定の手段によってエントロピー復号を行い、量子化係数104を送出する。エントロピー復号手段は、上記第1の実施の形態で述べたエントロピー符号化手段に対応したものである必要がある。なお、エントロピー復号手段としては、可変長復号手段や算術復号手段がある。

【0051】該量子化係数104は逆量子化手段7に入力して、同部で逆量子化が行われ変換係数106が出力

される。ここで逆量子化手段としては、通常用いるスカラー逆量子化(下記:式2)を用いれば良い。

$$x = Q \times \Delta \quad \cdots (式2)$$

ここで、Qは量子化係数値、 Δ は量子化インデックス値である。

【0052】次に、変換係数106は、変換係数逆スキャニング部8において、逆方向のスキャニングが行われ、スキャン後のウェーブレット変換係数107が出力される。さらにウェーブレット変換係数107は、ウェーブレット逆変換部9において逆変換されて、タイル画像108が同部9より送出される。最後に、タイル画像108は必要に応じてタイル同士を合成されて合成画像109が出力される。以上が本実施の形態の復号装置の基本動作である。

【0053】次に、通常のウェーブレット逆変換部9の構成について、図14を用いて説明する。上記図2で説明したウェーブレット変換部2の出力である各帯域成分113、114、115、116は、ウェーブレット逆変換部9に入力すると、図14において、まず上記LL成分113及びLLH成分114が、それぞれアップサンプル14a、14bによって2倍の解像度にアップサンプルされる。引き続いて低域成分はローパスフィルタ15、高域成分はハイパスフィルタ16によってフィルタリングされて、加算器17において、両者の帯域成分は合成される。ここまでの回路部206により、上記図2のレベル3の回路部203での変換の逆の処理としての逆変換が完了して、レベル2の低域側の帯域成分であるLL成分117が得られる。この処理を以後レベル1まで繰り返すことで、最終的な逆変換後の復号画像119が出力されることになる。すなわち、レベル2の回路部207及びレベル1の回路部208は、上記レベル3の回路部206と同様な構成を有し、レベル3の回路部206の出力がレベル2の回路部207の低域側の入力として、また、レベル2の回路部207の出力がレベル1の回路部208の低域側の入力として、それぞれ送られる。以上が、通常のウェーブレット逆変換部9の基本構成である。

【0054】ここで、図15は、上記図6の現在実験中のオーバーラップ型タイルベース・ウェーブレット符号化に対応する復号処理を説明するための図であり、図15の(A)に示すように、オーバーラップ部分を含めたタイルの1枚分の符号化ビットストリームを復号することで、符号化対象タイルとその外部のフィルタリングの及ぶ範囲までの部分が復号される。これを隣のタイルと繋ぎ合わせて、図15の(B)に示すように再構成されたタイル群を得ることで、最終的な復号画像を求めるわけである。

【0055】次に、本発明の第7の実施の形態について説明する。この第7の実施の形態は、上述したような画像のウェーブレット復号に用いられるウェーブレット逆

変換手段として、タイル内部のウェーブレット変換係数を、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内で、対称拡張して畳み込み演算するようにしたものである。図16はこれを具体的に説明するための図である。

【0056】この図16の(A)において、4つの帯域成分LL, LH, HL, HHのウェーブレット変換係数を図16の(B)に示すように対称拡張して、それぞれをウェーブレット逆変換(IWT)する。これによって、図16の(C)に示すように、各タイル画像が復号出力されることになる。なお、対称拡張については、既に図10で述べた手段を用いれば良い。ただし、上記第2の実施の形態で述べたウェーブレット変換の説明では、図10のa, b, c, ... は画素を示していたが、今回のウェーブレット逆変換手段では、これらはウェーブレット変換係数を意味していることに注意しなければならない。

【0057】この対称拡張のウェーブレット逆変換手段を用いる利点としては、隣接する周囲のタイルとは全く独立して、逆変換そして復号が行えることが挙げられる。また比較的高ビットレート(低圧縮率)の場合には、タイル間の境界部分の劣化が殆ど検知できない。すなわち、これらは、上述した問題点の(1)と(2)とを解決するものである。

【0058】次に、本発明の第8の実施の形態について説明する。この第8の実施の形態では、ウェーブレット逆変換手段として、該タイルの外側でフィルタリングが及ぶ範囲内のウェーブレット変換係数をすべて0として、畳み込み演算する手段を用いる。次に動作について説明する。

【0059】図17はこれを具体的に説明するための図である。例えば、図17の(A)に示す4つの帯域成分LL, LH, HL, HHのウェーブレット変換係数はそのままにして、図17の(B)に示すように、該タイルの外側でフィルタリングが及ぶ範囲(点線領域)内のウェーブレット変換係数をすべて0とし、それぞれのタイルをウェーブレット逆変換(IWT)する。これで各タイル画像が復号出力されることになる。この時のウェーブレット逆変換の畳み込み演算を直線畳み込みと呼ぶとする。

【0060】この直線畳み込み手段については、図18を用いて以下説明する。図18中で、符号化あるいは復号対象タイル R_T の外側については、水平方向のフィルタリングの及ぶ範囲 R_F をすべて0と置くことで、c, b, a, 0, 0, 0となり、同様に垂直方向のフィルタリングの及ぶ範囲 R_F をすべて0と置くことで、f, e, d, 0, 0, 0となる。これにウェーブレットフィルタの係数を畳み込み演算することで、ウェーブレット逆変換を行うことができる。

【0061】この直線畳み込みの利点としては、低ビットレート(高圧縮)下でもタイル境界部が検知されないという優れた特徴がある。これは、隣接するタイルとの境界部の係数を0として均一にすることで境界部に、ウ

ェーブレット・フィルタリングによる直線補間の効果が出て、滑らかに接続されることに起因する。

【0062】また、このウェーブレット逆変換手段でも、隣接するタイルのウェーブレット変換係数までオーバーラップして読み出す必要がないので、隣接する周囲のタイルとは全く独立して、逆変換そして復号が行えることが挙げられる。

【0063】従って、ウェーブレット逆変換手段として、上記タイルの外側でフィルタリングが及ぶ範囲内のウェーブレット変換係数をすべて0として、畳み込み演算するようにすることは、高圧縮下での高画質と部分タイル復号の実現の両方を兼ね備えた優れたものである。

【0064】次に、本発明の第9の実施の形態について説明する。この第9の実施の形態は、ウェーブレット復号の際に、圧縮率が低い場合には上記第7の実施の形態のように対称拡張型の畳み込み処理によるウェーブレット逆変換手段を用い、逆に圧縮率が高い場合には上記第8の実施の形態のように0値挿入型の直線畳み込み処理によるウェーブレット逆変換手段を採用することとする。これによって、圧縮率に関係無く、タイル境界部での歪みが検知できない高画質な復号画像を得ることができる。

【0065】なお、ロスレス復号の際には、上記第7の実施の形態の対称拡張型の畳み込み処理によるウェーブレット逆変換手段を用いることで実現することができる。

【0066】次に、本発明の第10の実施の形態について説明する。この第10の実施の形態は、画像のウェーブレット符号化/復号において、画像をタイルに分割してタイル毎にウェーブレット変換する際に、上記タイルは、隣接するタイル画像間にオーバーラップする領域が無く、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内ではタイル内部のウェーブレット変換係数を対称拡張して畳み込み演算する手段を備えていて、他方、それに呼応するウェーブレット逆変換手段では、タイル内部のウェーブレット変換係数を対称拡張して畳み込み演算する手段、または該タイルの外側でフィルタリングが及ぶ範囲内のウェーブレット変換係数をすべて0として畳み込み演算する手段を有するものである。

【0067】すなわち、この第10の実施の形態において、ウェーブレット符号化におけるウェーブレット変換手段としては、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内でタイル内部の画素を対称拡張して畳み込み演算する手段を用い(画素の対称畳み込み)、復号器におけるウェーブレット逆変換手段としては、タイル内部のウェーブレット変換係数を対称拡張して畳み込み演算する手段(ウェーブレット変換係数の対称畳み込み)、または該タイルの外側でフィルタリングが及ぶ範囲内のウェーブレット変換係数をすべて0として畳み込み演算する手段(ウェーブレット変換係数の直線畳み込み)を用いるも

のある。これによって、ウェーブレット変換手段とウェーブレット逆変換手段との整合が取れるので、高能率な符号化、及び高画質な復号が可能になる。

【0068】次に、本発明の第11の実施の形態について説明する。この第11の実施の形態は、画像のウェーブレット復号の際に、上記タイル画像として、隣接するタイル画像間にオーバーラップする領域が無いものを用いるものである。この第11の実施の形態の例として、リフティング手段を用いた整数精度型のウェーブレット逆変換（以下I-IWT）を用いた実施形態について、図19を用いて説明する。

【0069】この図19に示すウェーブレット逆変換部は、上記第3の実施の形態で説明した図11のウェーブレット変換部の逆の処理を行うものであり、図11のウェーブレット変換部からの出力である低域（LP）側の出力122と、高域（HP）側の出力123とが供給される。LP側の出力122は減算器31に送られて、出力123に対して係数列uのフィルタ33を介して得られた出力との差分がとられ、出力124となって2倍のアップサンブラ34aに送られる。また、出力123は、加算器30に送られて、出力124に対して係数列pのフィルタ32を介して得られた出力とが加算され、2倍のアップサンブラ34bに送られる。アップサンブラ34aからの出力は遅延器35で時間遅延されて出力125として加算器36に送られ、アップサンブラ34bからの出力126と加算されて、最終的な出力127として取り出される。

【0070】上記第3の実施の形態でも既に述べたように、オーバーラップ型タイルベース・ウェーブレット復号では、周辺タイルとのオーバーラップ領域同士で加算を取ることで、同領域での画素値に前記pとuによるフィルタリングによるroundの誤差が影響を及ぼすことになる。従って、圧縮率が高くなるとオーバーラップ領域での劣化が目立つようになる。これに対して、この第11の実施の形態によれば、符号化側にIWT（整数精度型のウェーブレット変換）、復号側にI-IWTを用いても、オーバーラップを用いないので、上述のような問題点が発生しない。従って、整数型のウェーブレット変換との親和性が高いという利点がある。

【0071】なお、このウェーブレット復号は、上記第7の実施の形態のようにタイル内部のウェーブレット変換係数を対称拡張して畳み込み演算（ウェーブレット変換係数の対称畳み込み）する場合も、上記第8の実施の形態のようにタイルの外側でフィルタリングが及ぶ範囲内のウェーブレット変換係数をすべて0として畳み込み演算（ウェーブレット変換係数の直線畳み込み）する場合も、どちらでも適用可能である。

【0072】次に、本発明の第12の実施の形態について説明する。この第12の実施の形態は、画像のウェーブレット符号化において、その構成要素であるウェーブ

レット変換手段として、整数精度のフィルタとリフティング手段を備え、量子化手段を省略することでロスレス圧縮を行い、他方画像のウェーブレット復号においては、ロスレス圧縮された符号化ビットストリームを入力して、ロスレス復号の場合には対称拡張の畳み込み演算によりウェーブレット逆変換手段を用い、他方ロッキー復号の場合は上記対称拡張の畳み込み演算、またはタイル外部の変換係数に0値を挿入した畳み込み演算によるウェーブレット逆変換手段を用いるものである。

【0073】なお、この第12の実施の形態は、既に述べた符号化装置、復号装置の組み合わせ例であり、特に符号化装置で上記第3の実施の形態の整数精度のフィルタとリフティング手段を用いたロスレス圧縮を行い、発生した符号化ビットストリームをウェーブレット復号器で、ロスレスまたはロッキーに所定のビットレートで復号するものである。

【0074】本実施の形態におけるウェーブレット変換手段は、画素の対称拡張の畳み込み演算を行っていることで、復号器側でもウェーブレット変換係数の対称拡張の畳み込み演算のウェーブレット逆変換を行えば、問題無くロスレス復号が出来る。他方、復号器側でロッキー復号を所定のビットレートで行いたい場合には、前記ウェーブレット変換係数の対称拡張の畳み込み演算のウェーブレット逆変換、またはタイル外部の変換係数に0値を挿入した畳み込み演算によるウェーブレット逆変換手段のどちらかを選択すれば良い。ただし、上記第9の実施の形態で述べたように、圧縮率が低い場合には、上記第7の実施の形態で述べた対称拡張型の畳み込み処理によるウェーブレット逆変換手段を用い、逆に圧縮率が高い場合には、上記第8の実施の形態で述べたの0値挿入型の直線畳み込み処理によるウェーブレット逆変換手段を用いる手段を取ることも有効である。

【0075】次に、本発明の第13の実施の形態について説明する。この第13の実施の形態は、ウェーブレット逆変換手段の上述した第7、第8の実施の形態のフィルタの畳み込み演算手段を、ウェーブレット分割レベル数に応じて切り換えて利用するものである。

【0076】すなわち、例えば、符号化器側のウェーブレット変換手段で、画像をレベル数4までウェーブレット分割する場合、これまでの実施の形態では、復号器側のウェーブレット逆変換手段では、その4つの全てのレベルで同一の畳み込み演算手段、例えば上記第7の実施の形態の対象畳み込み演算手段、又は上記第8の実施の形態の線形畳み込み演算手段のいずれかを用いていた。

【0077】これに対して、この第12の実施の形態では、例えば、分割レベル数が3までは、上記第7の実施の形態の対称畳み込み演算手段を用い、最後の4番目のレベルで線形畳み込み演算手段を用いる。これによって、ウェーブレット変換手段が対称拡張による増幅器の畳み込み演算手段を用いていた場合、分割レベル3ま

では変換手段と逆変換手段との間で整合がとれる。

【0078】他方、最後の1レベルで線形畳み込み演算手段を用いることで、既に述べたように、タイル画像の隣接部分での劣化を低減させることができる。従って、このような組み合わせによる実施の形態によれば、メモリ使用量を抑制しながら、高圧縮下でも画質を維持することができる、という効果がある。

【0079】また、上述した2種類の畳み込み演算手段を逆にしてもよい。すなわち、最初に所定分割レベルまで線形畳み込み演算手段を用い、それ以降の分割レベルでは対称畳み込み演算手段を用いるようにしてもよい。

【0080】以上説明した本発明の実施の形態では、ウェーブレット変換で高能率圧縮を行う際に問題とされてきたメモリ容量の大きさを削減することを目的としている。ウェーブレット符号化では通常画像全体にウェーブレット変換を掛け、発生したウェーブレット変換係数を一時的にメモリ内に記憶・保持する必要がある。従って、画像サイズが大きいと非常に多くのメモリ容量を必要とし、電子スチルカメラ、カムコーダ、PDA等の、メモリ搭載容量が限定された装置には不適である。従って、本発明ではこれらの装置化でキーとなる技術となる低メモリ消費型で且つ高い圧縮効率を持った画像のウェーブレット符号化器・復号化器及び方法を実現することを目的としている。

【0081】そして、上述した本発明の実施の形態によれば、画像をタイル画像に分割して、各タイル毎にウェーブレット変換を施し符号化を行うので、従来の画像全体にウェーブレット変換を施していた手段に比べて、大幅なメモリ削減を実現した符号化器・復号化器が実現できる。また、特定のタイル画像だけを復号化したい場合でも、画素の対称拡張型の畳み込み演算処理を施すウェーブレット変換手段と、それに呼応したウェーブレット変換係数の対称拡張型の畳み込み演算処理を施すウェーブレット逆変換手段とを組み合わせることにより、隣接するタイルとは完全に独立に復号化が実現できるという効果がある。さらに、オーバーラップ型タイルベース・ウェーブレット符号化で問題になっていたウェーブレット分割数に関する制約条件も存在しないので、常に高い符号化効率を維持できるという効果がある。

【0082】本発明の実施の形態の具体的な応用例としては、電子カメラ、携帯・移動体画像送受信端末(PDA)、プリンタ、衛星画像、医用画像等の圧縮・伸張器またはそのソフトウェアモジュール、ゲーム、3次元CGで用いるテクスチャの圧縮・伸張装置またはそのソフトウェアモジュール等が挙げられる。

【0083】なお、本発明は上述した実施の形態のみに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能であることは勿論である。

【0084】

【発明の効果】本発明によれば、画像のタイルベース型

ウェーブレット符号化装置及び方法において、入力画像を複数のタイルに分割し、各タイル画像毎にウェーブレット変換を施し、ウェーブレット変換係数をスキャニングし、スキャニング後の係数を量子化し、量子化係数をエントロピー符号化して符号化ビットストリームを出力するようにしており、さらに上記ウェーブレット変換は、タイル画像の外周部の画素を対称拡張して畳み込み演算するようにしているため、従来の画像全体にウェーブレット変換を施していた手段に比べて、大幅なメモリ削減を実現した符号化・復号が実現できる。また、オーバーラップ型タイルベース・ウェーブレット符号化で問題になっていたウェーブレット分割数に関する制約条件も存在しないので、常に高い符号化効率を維持できる。

【0085】また、特定のタイル画像だけを復号したい場合でも、画素の対称拡張型の畳み込み演算処理を施すウェーブレット変換手段と、それに呼応したウェーブレット変換係数の対称拡張型の畳み込み演算処理を施すウェーブレット逆変換手段とを組み合わせることにより、隣接するタイルとは完全に独立に復号が実現できるという効果がある。

【0086】さらに、整数精度のウェーブレット・フィルタを用いたウェーブレット変換手段を用いた場合でも、オーバーラップを伴わないウェーブレット逆変換手段を用いているので、フィルタリングの際のrounding(丸め処理)の誤差を加算する必要がない。従って、タイル周辺部の歪みが顕著にならないという効果がある。

【0087】また、本発明のウェーブレット復号装置及び方法によれば、符号化ビットストリームを入力または読み出してエントロピー復号し、得られた量子化係数を逆量子化し、得られた変換係数を逆スキャニングして元の係数の順番に戻し、逆スキャニング後の係数をウェーブレット逆変換してタイル画像を生成し、得られた各タイル画像を合成して最終的な出力画像を供するようにし、上記ウェーブレット逆変換においては、タイル内部のウェーブレット変換係数を対称拡張して畳み込み演算し、あるいはタイルの外側でフィルタリングが及ぶ範囲内のウェーブレット変換係数をすべて0として畳み込み演算することにより、隣接する周囲のタイルとは全く独立して、逆変換そして復号化が行え、また比較的高ビットレート(低圧縮率)の場合には、タイル間の境界部分の劣化が殆ど検知できない、という効果がある。ここで、直線畳み込みの利点としては、低ビットレート(高圧縮)下でもタイル境界部が検知されないという優れた特徴がある。これは、隣接するタイルとの境界部の係数を0として均一にすることで境界部に、ウェーブレット・フィルタリングによる直線補間の効果が出て、滑らかに接続されることに起因する。また、このウェーブレット逆変換手段でも、隣接するタイルのウェーブレット変換係数までオーバーラップして読み出す必要がないので、隣接する周囲のタイルとは全く独立して、逆変換そ

して復号化が行えることが挙げられる。

【0088】従って、本発明によれば、高圧縮下での高画質と部分タイル復号化の実現の両方を兼ね備えており、さらに、ウェーブレット変換手段とウェーブレット逆変換手段との整合が取れるので、高能率な符号化、及び高画質な復号化が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態としての画像のウェーブレット符号化装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】通常のウェーブレット変換部の概略構成（レベル3まで）を示すブロック図である。

【図3】2次元画像の帯域分割（分割レベル=2）を説明するための図である。

【図4】実際の画像に対して帯域分割（分割レベル=2）した場合の各帯域画像を示す図である。

【図5】全帯域を等分割（分割レベル=2）した場合の例を示す図である。

【図6】オーバーラップ型タイルベース・ウェーブレット符号化の概念を説明するための図である。

【図7】オーバーラップ型ウェーブレット符号化の際の畳み込み演算を説明するための図である。

【図8】符号化対象領域とオーバーラップ領域を表した図である。

【図9】画素の対称畳み込み演算を施すウェーブレット符号化の概念を説明するための図である。

【図10】対称畳み込み演算の概念を説明するための図である。

【図11】整数精度型のウェーブレット変換部の概略構成を示すブロック図である。

【図12】タイルベース符号化手段の際のヘッダー情報を示す図である。

【図13】本発明の第6の実施の形態となる画像のウェーブレット復号装置の概略構成を示すブロック図である。

【図14】通常のウェーブレット逆変換部の概略構成（レベル3まで）を示すブロック図である。

【図15】オーバーラップ型タイルベース・ウェーブレット復号化の概念を説明するための図である。

【図16】ウェーブレット変換係数の対称畳み込み演算を施すウェーブレット復号化の概念を説明するための図である。

【図17】ウェーブレット変換係数の直線畳み込み演算を施すウェーブレット復号化の概念を説明するための図である。

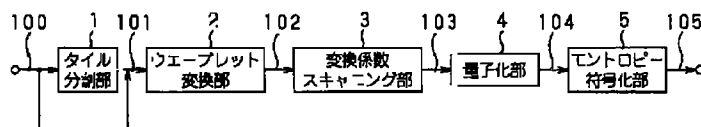
【図18】直線畳み込み演算の概念を説明するための図である。

【図19】整数精度型のウェーブレット逆変換部の概略構成を示すブロック図である。

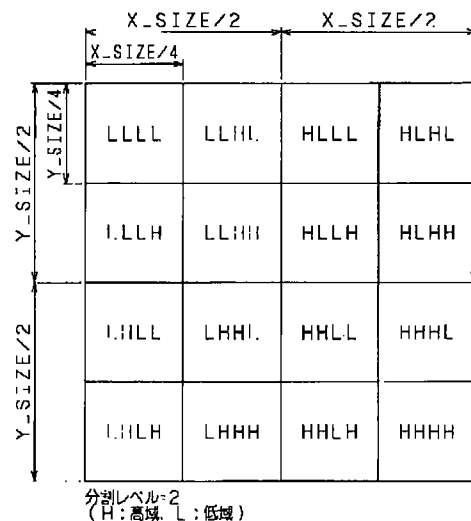
【符号の説明】

1 タイル分割部、 2 ウェーブレット変換部、 3 変換係数スキャニング部、 4 量子化部、 5 エントロピー符号化部、 6 エントロピー復号化部、 7 逆量子化部、 8 変換係数逆スキャニング部、 9 ウェーブレット逆変換部、 10 タイル合成部、 11 分析用ローパスフィルタ、 12 分析用ハイパスフィルタ、 13 a, 13 b 2分の1倍のダウンサンプラ、 14 a, 14 b 2倍のアップサンプラ、 15 合成用ローパスフィルタ、 16 合成用ハイパスフィルタ、 17 加算器、 18, 35 遅延器、 19 a, 19 b 2分の1倍のダウンサンプラ、 20, 30 加算器、 21, 31 減算器、 22, 23, 32, 33 フィルタ、 34 a, 34 b 2倍のアップサンプラ

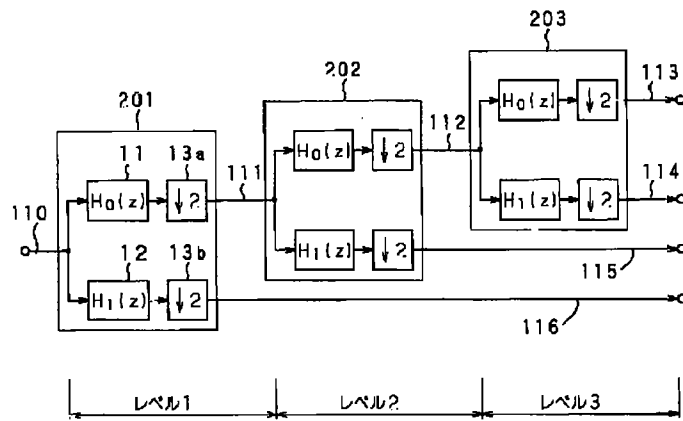
【図1】



【図5】



【図2】

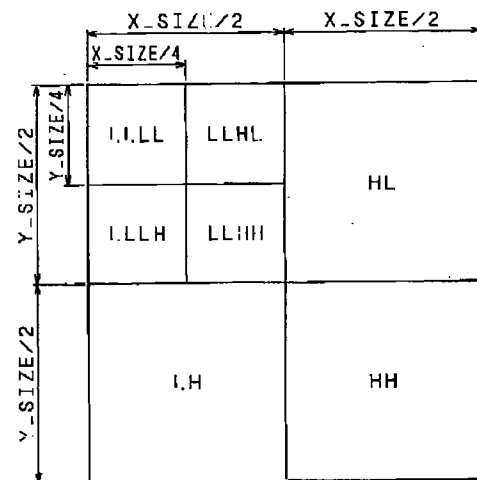


【図4】



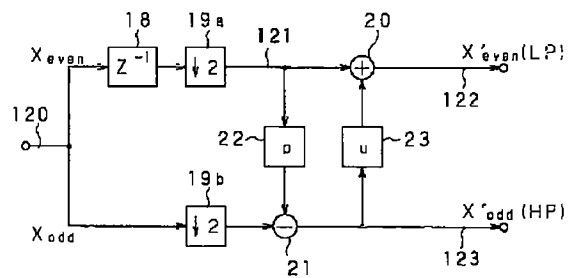
分割レベル=2

【図3】

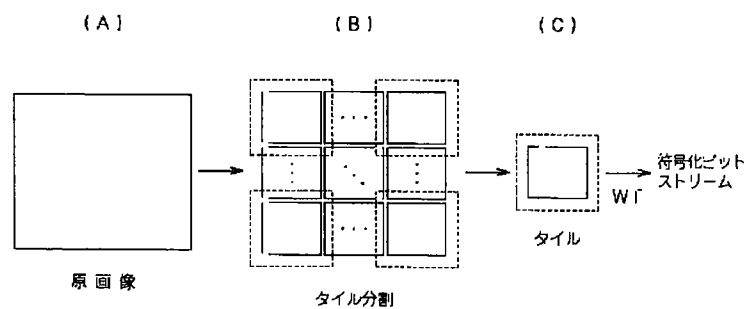


分割レベル=2
(H:高域, L:低域)

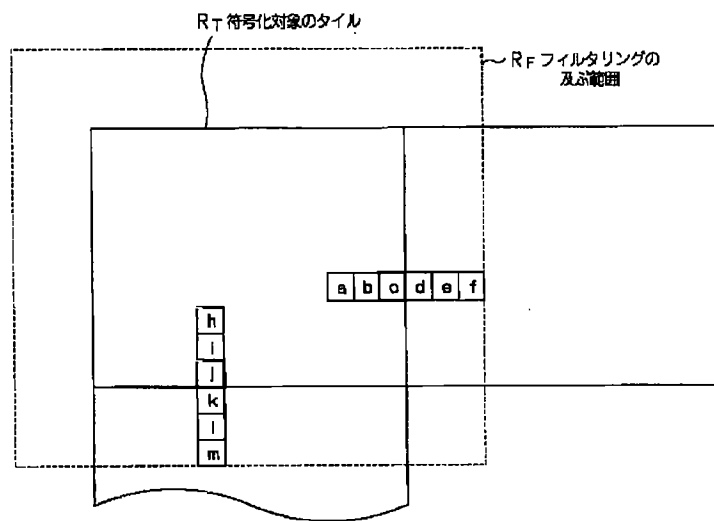
【図11】



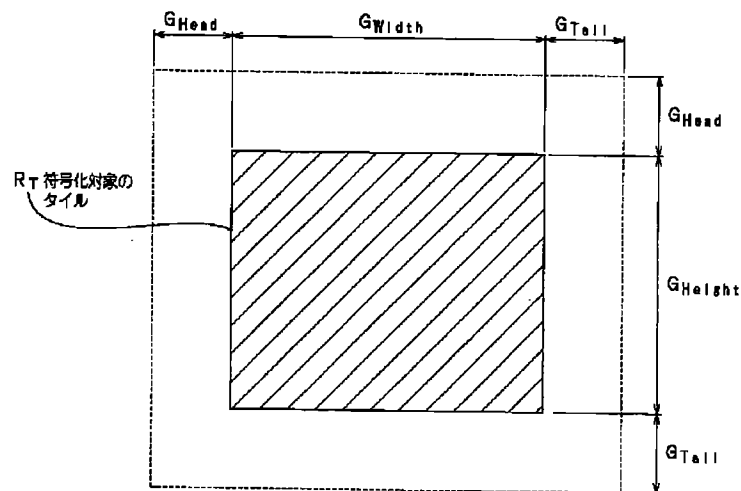
【図6】



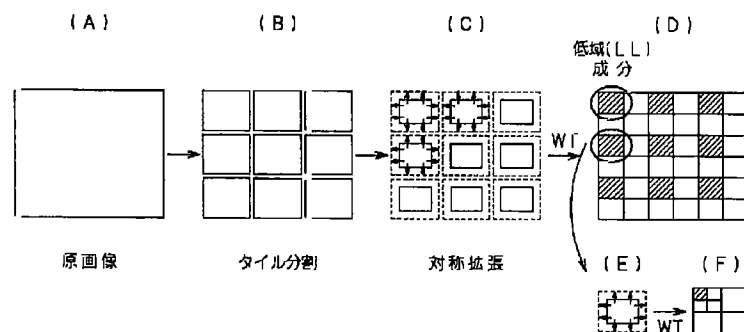
【図7】



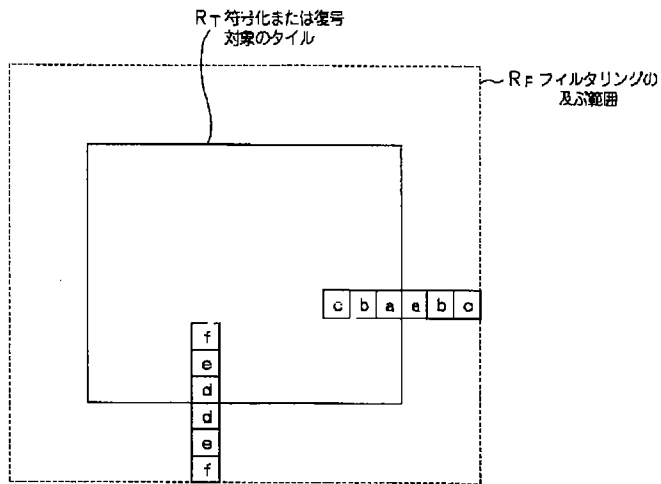
【図8】



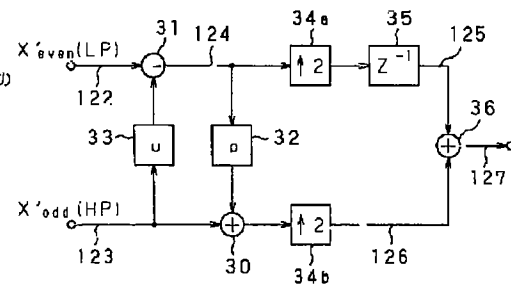
【図9】



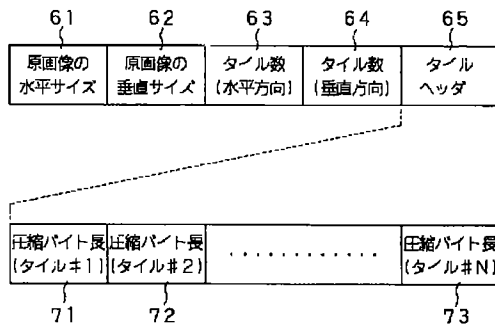
【図10】



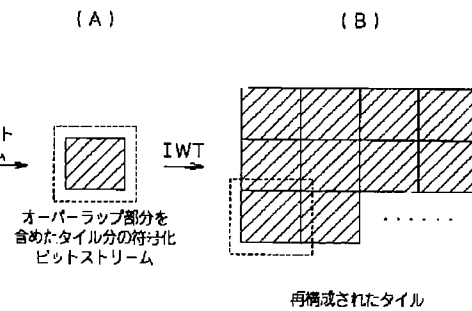
【図19】



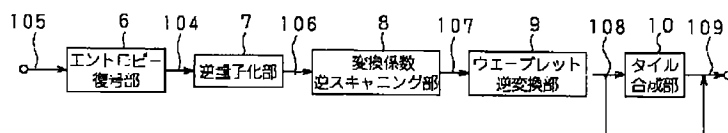
【図12】



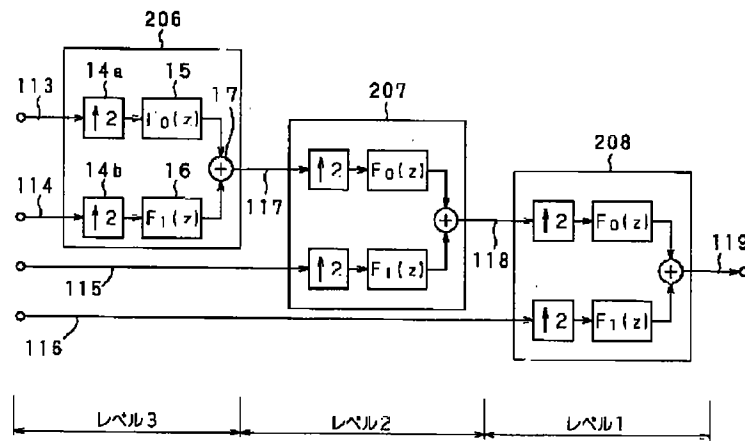
【図15】



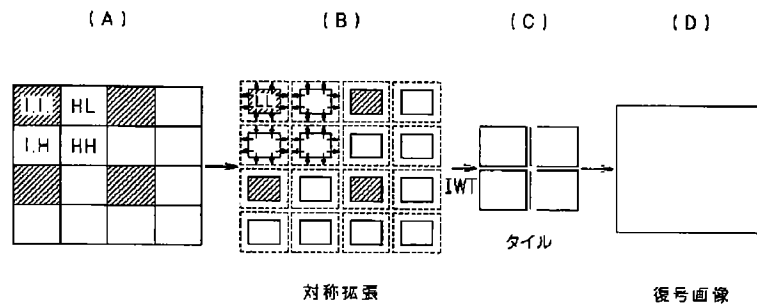
【図13】



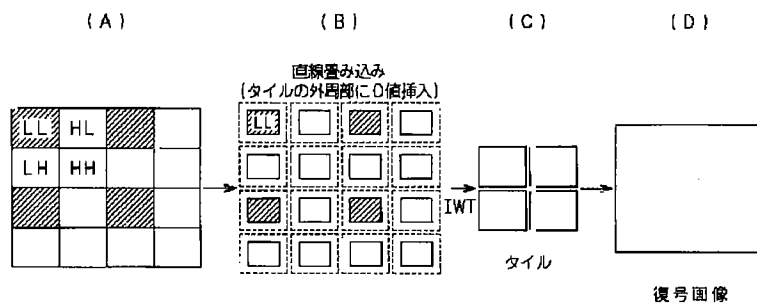
【図14】



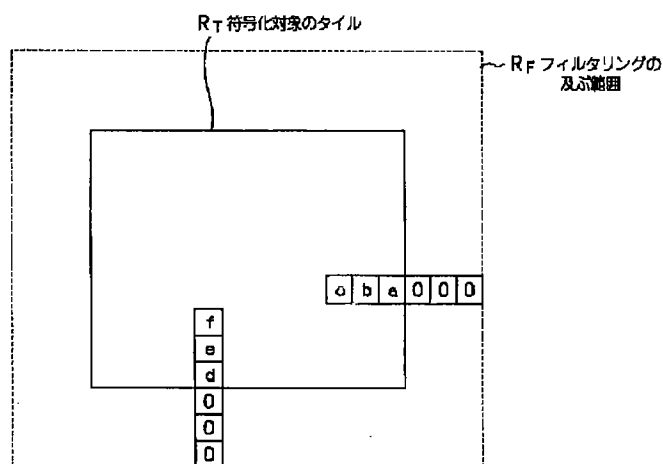
【図16】



【図17】



【図18】



【手続補正書】

【提出日】平成12年3月16日（2000. 3. 16）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力画像を複数のタイルに分割するステップと、

各タイル画像毎にウェーブレット変換を施しウェーブレット変換係数を出力するステップと、

上記ウェーブレット変換係数をコード化するステップとを有してなり、

上記ウェーブレット変換は、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内ではタイル内部の画素を対称拡張して畳み込み演算をすることを特徴とするウェーブレット符号化方法。

【請求項2】 上記ウェーブレット変換係数をコード化するステップは、

上記ウェーブレット変換係数をスキヤニングするステップと、

スキヤニング後の係数を量子化し、エントロピー符号化して符号化ビットストリームを出力するステップとを有して構成されることを特徴とする請求項1記載のウェーブレット符号化方法。

【請求項3】 上記ウェーブレット変換係数をコード化するステップは、上記タイル画像中の符号化ビットストリームのヘッダ情報に配置して出力することを特徴とする請求項2記載のウェーブレット符号化方法。

【請求項4】 入力画像を複数のタイルに分割する手段と、

各タイル画像毎にウェーブレット変換を施しウェーブレット変換係数を出力する手段と、

上記ウェーブレット変換係数をコード化する手段とを備え、

上記ウェーブレット変換は、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内ではタイル内部の画素を対称拡張して畳み込み演算をすることを特徴とするウェーブレット符号化装置。

【請求項5】 入力される符号化ビットストリームをウェーブレット変換係数に変換するステップと、

上記ウェーブレット変換係数をウェーブレット逆変換してタイル画像を生成するステップと、

得られた各タイル画像を合成して最終的な出力画像を供するステップとを有してなり、

上記ウェーブレット逆変換は、タイル内部のウェーブレット変換係数をタイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内まで、対称拡張して畳み込み演算を行うことを特徴とするウェーブレット復号方法。

【請求項6】 入力される符号化ビットストリームをウェーブレット変換係数に変換する手段と、

上記ウェーブレット変換係数をウェーブレット逆変換してタイル画像を生成する手段と、

得られた各タイル画像を合成して最終的な出力画像を供する手段とを備え、上記ウェーブレット逆変換は、タイル内部のウェーブレット変換係数をタイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内まで、対称拡張して畳み込み演算を行うことを特徴とするウェーブレット復号装置。

【請求項7】 入力画像をタイルに分割してタイル毎に

ウェーブレット変換することによりウェーブレット符号化し、符号化ビットストリームをウェーブレット復号するウェーブレット符号化／復号装置であって、上記ウェーブレット変換手段は、上記タイルの隣接するタイル画像間にオーバーラップする領域が無く、タイル外部でフィルタリングの及ぶ範囲内ではタイル内部のウェーブレット変換係数を対称拡張して畳み込み演算する手段を有し、

上記ウェーブレット変換に対応するウェーブレット逆変換手段は、上記タイル内部のウェーブレット変換係数を対称拡張して畳み込み演算する手段、または該タイルの外側でフィルタリングが及ぶ範囲内のウェーブレット変換係数をすべて0として畳み込み演算する手段を有していることを特徴とするウェーブレット符号化／復号装置。

フロントページの続き

(72)発明者 木村 青司
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
(72)発明者 貴家 仁志
東京都八王子市南大沢1-1 東京都立大学 工学部電子情報工学科内

Fターム(参考) 5C059 KK08 LB05 LB11 MA24 MA45
MC01 MC11 ME01 PP01 PP25
RB02 RB09 RC28 UA02 UA05
UA12 UA14 UA15
5C078 AA04 BA53 BA64 CA27 DA00
DA01 DA02 DB05 DB13
5J064 AA02 AA04 BA09 BA13 BA15
BA16 BC01 BC16 BC22 BD01
9A001 BB02 BB03 BB04 CZ02 DD08
DD12 DD13 EE02 EE05 GG11
HH24 HH27 HH28 JJ19 JJ35
JJ76 KK42 KZ56